

DISPOSICIÓN Y USO DE BARROS CLOACALES

I- Usos: ventajas y limitaciones

Dra. María Julia Mazzarino
Investigador Principal CONICET
Directora Grupo de Suelos-CRUB (UNComahue)
Prof. Suelos-UNRioNegro

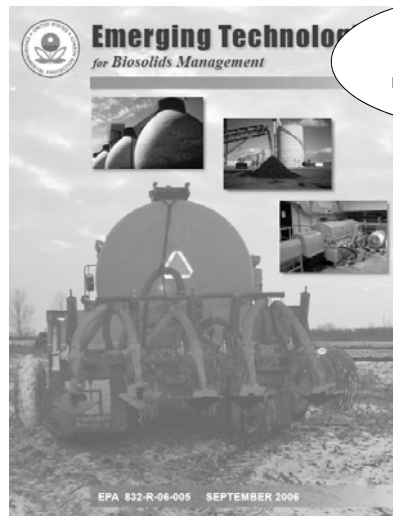
mariajulia.mazzarino@crub.uncoma.edu.ar
mjazzarino@yahoo.com.ar



Uso y disposición (USEPA)

- Usos agronómicos y similares
(forestal, recuperación de tierras, remediación, producción de abonos y enmiendas)
- Digestión anaeróbica para biogás
- Relleno sanitario
- Incineración
- Disposición superficial

USEPA (1999). Biosolids generation, use and disposal in the United States. EPA 530-R-99-009



Tecnologías emergentes para el manejo de biosólidos 2006

The Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge (1993) (Title 40 of the Code of Federal Regulations [CFR], Part 503) "The Part 503 Biosolids Rule" La 503 de la EPA

Desde 1993 se actualizan permanentemente



Atlas global del manejo de excretas, barros cloacales y biosólidos

Hacia el uso sustentable y deseable de un recurso global

Naciones Unidas
Programa Habitat
2008

AGRICULTURA	Enmienda de suelos. Fertilización de cultivos, Producción intensiva cultivos para biocombustibles. Control erosión.
PASTURAS	Producción de forrajes
FORESTACIÓN	Fertilización de plantaciones, Producción intensiva de árboles de fibra (álamos y pinos)
HORTICULTURA Y PAISAJISMO	Compost, pellets, sustratos de macetas, mulch. Producción panes de césped, jardines, parques, campos deportes, control erosión (compost berms), revegetación de banquinas, cenizas como fuente de P y carbonatos
RECUPERACIÓN DE TIERRAS <i>(land reclamation)</i>	Restauración de sitios altamente disturbados (minería, canteras), biorremediación de sitios contaminados, cierre de vertederos (revegetación y control metano)
DESARROLLO DE BAJO IMPACTO <i>(low impact development)</i>	Biofiltración de aguas de tormenta Biofiltros para la industria Producción de techos verdes
ENERGÍA BIOCOMBUSTIBLES	Biogás. Incineración con recuperación de calor y/o electricidad. Gasificación y pirólisis (<i>syngas, biochar</i>).
PROCESOS INDUSTRIALES	Suplemento de cemento. Ladrillos y otros materiales de construcción. Cobertura diaria vertederos. Base de pavimento. Estruvita



Composición típica de lodos secos

	pH	CE mS/cm	Nutrientes totales ----- %					
			C	N	Ca	Mg	K	P
El Bolsón estibados	4,5	0,70	34,8	3,5	1,6	0,5	0,1	1,0
Llao Llao	6,3	4,10	35,3	6,2	2,2	0,7	0,6	2,5
Bariloche	6,0	4,50	25,0	6,1	2,9	0,5	-	2,3
Madrid	8-9	1,62	20-30	3-4	3-6	0,7-1,0	0,3	0,8-1,7
USA (7 ciudades)	-	-	22-42	3-7	-	-	-	1,0-2,3

Sólidos volátiles o materia orgánica / 2

Y además micronutrientes (Zn, Cu, Mo, Ni)

Tesis doctoral F. Laos (2001)

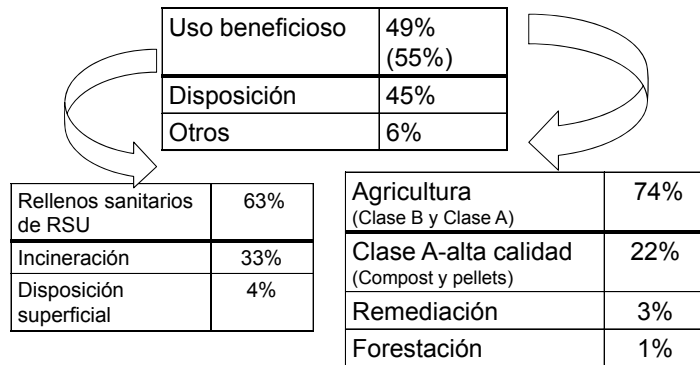
Uso beneficioso

Los lodos cloacales (barros o fangos) que se pueden usar en agricultura (cumplen con determinados requerimientos de estabilización y contenido de contaminantes) se llaman "biosólidos"

Definición más amplia: "lodos cloacales que pueden ser reciclados de manera beneficiosa" (no necesariamente en agricultura, por ej., para cobertura de rellenos sanitarios, ladrillos, etc.)

Uso y disposición de biosólidos en EEUU en el año 2004

Producción total: 7,2 millones US ton



1 US ton = 907 kg

A National Biosolids Regulation, Quality, End Use & Disposal Survey- 2007
www.nebiosolids.org

Producción y uso de biosólidos en la Unión Europea

Evans, T. (2012) 26th WEF Residuals & Biosolids Conf.

Member State	Year	Biosolids production (t DS)	Biosolids use in agriculture (t DS)	Ag %	Population	gDS/cap.day
Austria	AT 2005	266,100	47,190	17.7%	8,372,930	87.1
Belgium	BE 2006/03/02	102,566	14,646	14.3%	10,827,519	26.0
Denmark	DK 2002	140,021	82,029	58.6%	5,547,088	69.2
Finland	FI 2005	147,000	4,200	2.9%	5,350,475	75.3
France	FR 2002	910,255	524,290	57.6%	64,709,480	38.5
Germany	DE 2006	2,059,351	613,476	29.8%	81,757,595	69.0
Greece	EL 2006	125,977	56.4	0.0%	11,125,179	31.0
Ireland	IE 2003	42,147	26,743	63.5%	4,450,878	25.9
Italy	IT 2006	1,070,080	189,554	17.7%	60,397,353	48.5
Luxembourg	LU 2003	7,750	3,300	42.6%	502,207	42.3
Netherlands	NL 2003	550,000	34	0.0%	16,576,800	90.9
Portugal	PT 2002	408,710	189,758	46.4%	10,636,888	105.3
Spain	ES 2006	1,064,972	687,037	64.5%	46,087,170	63.3
Sweden	SE 2006	210,000	30,000	14.3%	9,347,899	61.5
United Kingdom	UK 2006	1,544,919	1,050,526	68.0%	62,041,708	68.2

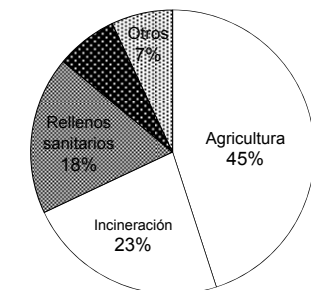
Las circunstancias de cada país determina el uso o disposición

Los países desarrollados tienen normas y regulaciones basadas en décadas de investigación.

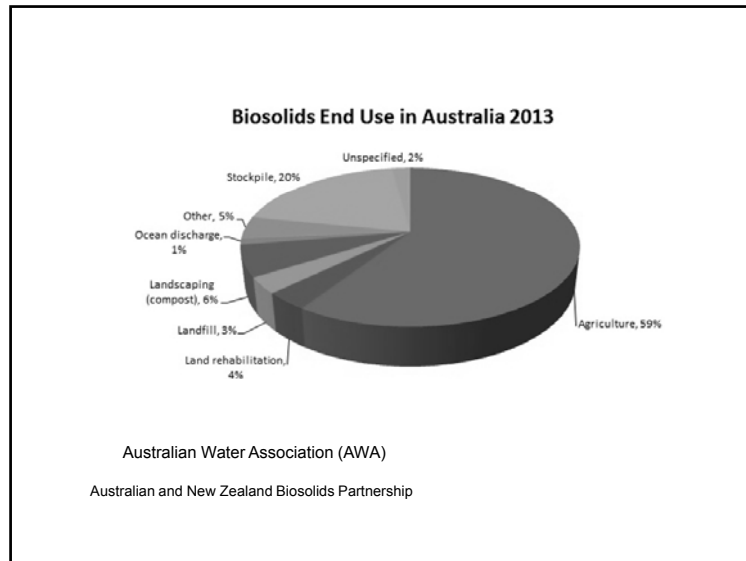
La UE es más exigente que EEUU en los contaminantes en biosólidos, lo que ha mejorado sustancialmente su calidad.

- Dentro de la UE, países con alta densidad de población y uso intensivo de estiércoles en las granjas, no aplican biosólidos en agricultura, por ej. *Suiza y algunos estados de Austria*
- Holanda no aplica en su país, pero composta y vende a Alemania como biocombustible de centrales térmicas.
- Noruega usa más del 90% de los biosólidos: 1/3 en parques, campos de deporte, banquinas y cubierta de vertederos y 2/3 en agricultura.


Japón usa todo para energía, por ej., un objetivo es alcanzar 100% de independencia energética en las plantas de tratamiento



UE-2010 (Números aprox. 15 países originales)



Recomendaciones de la Australian Water Association (2012)



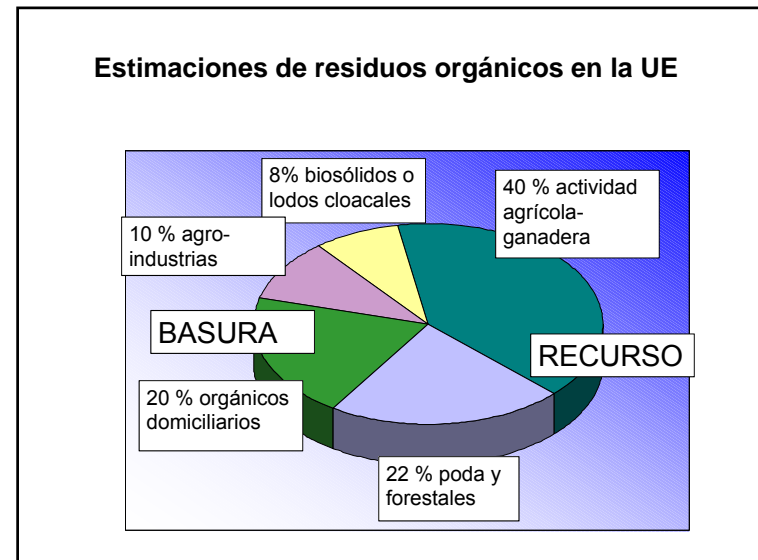
“Si bien los biosólidos pueden usarse en construcción, generación de energía o producción de syngas, esos usos representan un desperdicio del valor agrícola de este recurso”

- Los suelos de Australia son viejos y pobres en nutrientes. La mayor parte del territorio es árido. Se fertiliza con P, N, Zn y Cu.
- Las fuentes de P están disminuyendo a nivel global y el precio aumenta (lo mismo que el N)
- El uso de biosólidos en agricultura implica un cierre ambiental adecuado del ciclo de los nutrientes y contribuye al secuestro de C
- Su uso como fertilizante disminuye el uso de combustibles fósiles para la producción de fertilizantes sintéticos.

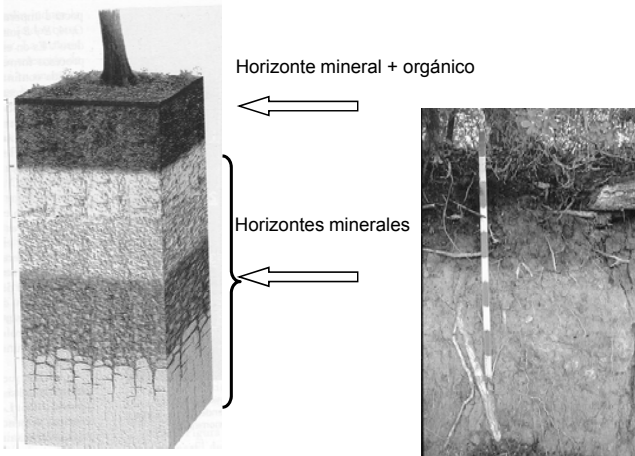
¿Por qué son recursos importantes en agricultura y similares?

Valor como enmiendas y como fertilizantes

Por definición (leyes): “fertilizantes” o “abonos” aumentan productividad vegetal y “enmiendas” mejoran el suelo

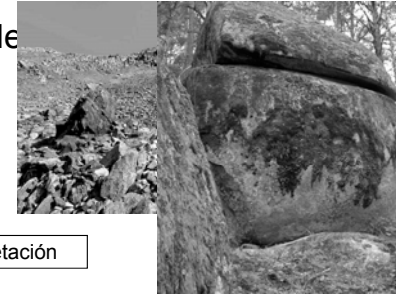


¿Por qué enmiendas? ¿Qué es el suelo?



Parte mineral de

ROCAS o SEDIMENTOS



Clima, Vegetación

Partículas de tres tamaños:
ARENA, LIMO y
ARCILLA

Se "liberan" nutrientes esenciales para las plantas, **excepto nitrógeno**

Materia orgánica del suelo

Organismos muertos
(vegetación)

Fauna del suelo



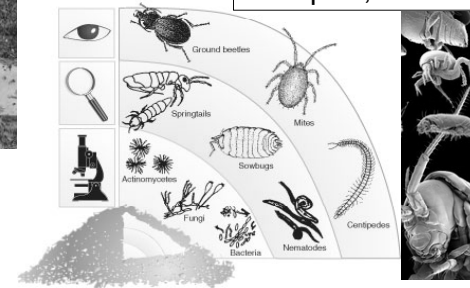
Microorganismos

Compuestos orgánicos, CO₂, nitrógeno

Nitrógeno

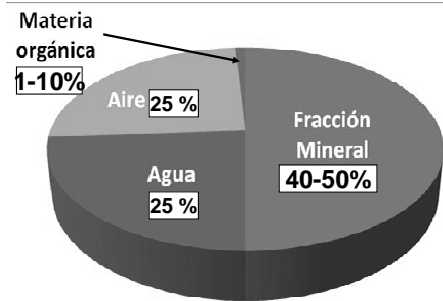


Babosas, bicho bolita, lombrices, hormigas, cienpies, escarabajos



Bacterias, hongos, actinomicetes

¿Por qué es importante la materia orgánica del suelo?



- **Acción cementante:** "agregados" de materia orgánica y partículas minerales.

Estructura del suelo

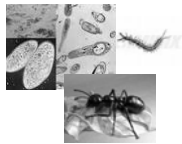


- Disminuye el riesgo de erosión
- Mayor movimiento de agua en profundidad, pero también mayor retención
- Menor compactación: mayor aireación y penetración de raíces

- **Fuente y almacén de nutrientes**

Principal fuente de nitrógeno y otros nutrientes

- **Mantiene la actividad biológica**



Aporta carbono y nutrientes
Mantiene humedad y aireación

- **Filtro o buffer de contaminantes**

Reacciones ácido-base, óxido-reducción, adsorción-desorción, complejación, actividad biológica, etc.

¿Qué pasa si se pierde materia orgánica del suelo?

- Faltan nutrientes para las plantas y los microorganismos, especialmente nitrógeno
- Disminuye la actividad biológica
- Aumenta la erosión y la contaminación de aguas

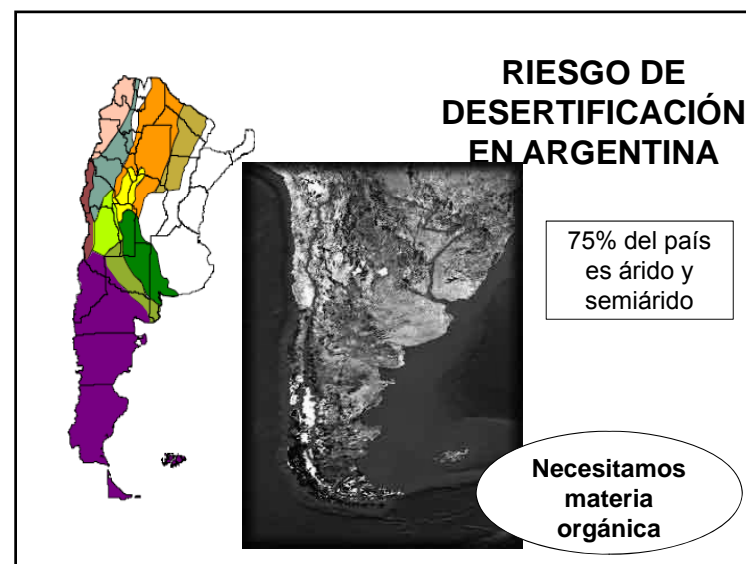
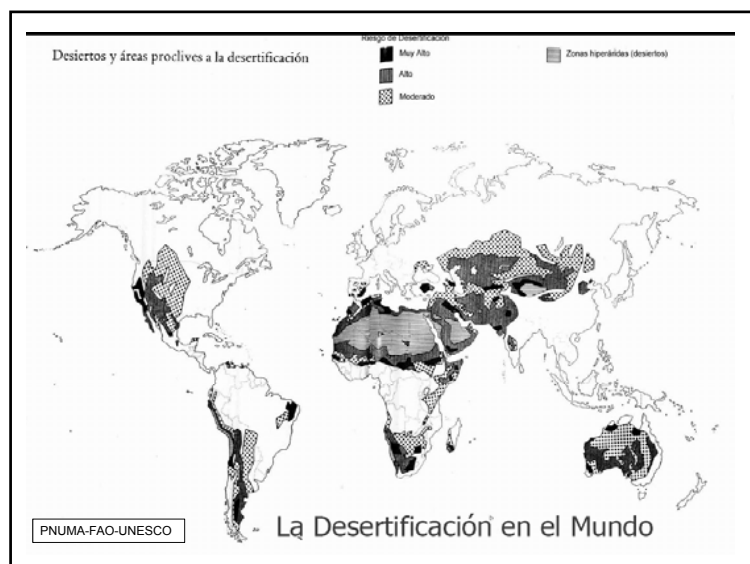
...y es fácil perder MOS porque es la capa más superficial del suelo

¿Qué pasa si se pierde materia orgánica del suelo?

- Faltan nutrientes para las plantas y los microorganismos, especialmente nitrógeno
- Disminuye la actividad biológica
- Aumenta la erosión y la contaminación de aguas

¿Cuál es la principal consecuencia de la pérdida de materia orgánica?

DESERTIFICACIÓN



¿Por qué el riesgo es tan alto en la mayor parte del país?

Equilibrio frágil entre vegetación y clima

El factor más limitante es el agua

Menos agua, menos vegetación, menos materia orgánica en el suelo, mayor riesgo de desertificación

Además:
disturbios antrópicos

Disturbios

Afectan especialmente al horizonte superficial del suelo



Pérdida de materia orgánica, nitrógeno y actividad biológica



Recuperar materia orgánica

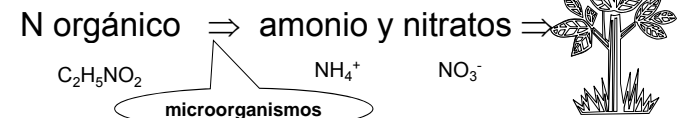
La recuperación de suelos degradados está necesariamente asociada a la recuperación de materia orgánica

¿Por qué es tan importante el nitrógeno?

• Es el nutriente limitante en la mayor parte de los ecosistemas terrestres (*si hay más N la vegetación crece más*)

PROTEINAS

• No existe en la fracción mineral (*si se pierde materia orgánica no hay N para las plantas*)



Mineralización de N

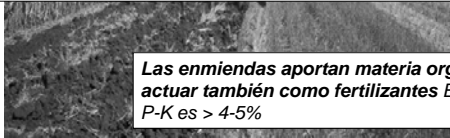
• Se pierde fácilmente del suelo (*lixiviación, desnitrificación, volatilización*)

Altas pérdidas
Alto riesgo de contaminación

- **Mantener y mejorar el contenido de materia orgánica del suelo**

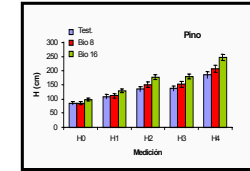
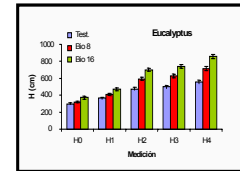


- **Reducir el uso de fertilizantes sintéticos**



Las enmiendas aportan materia orgánica pero pueden actuar también como fertilizantes Ej. cuando la suma de N-P-K es > 4-5%

Aplicación de biosólidos en la instalación de plantaciones de eucaliptos y pinos



FAUBA
Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes

- **Recuperar suelos degradados. Incendios, caminos, sobrepastoreo, cambio uso de la tierra, contaminación**



Remediación de suelos
(soil remediation)

Recuperación de tierras afectadas por actividades mineras utilizando sustratos artificiales que incluyen biosólidos (constructed soils, constructed topsoils, technosols)

Se mezclan fracciones inertes, fracciones biodegradables lentas y fracciones de descomposición más rápida que aportan nutrientes (aseguran la **revegetación**)

Recuperación de tierras fuertemente disturbadas (land reclamation)



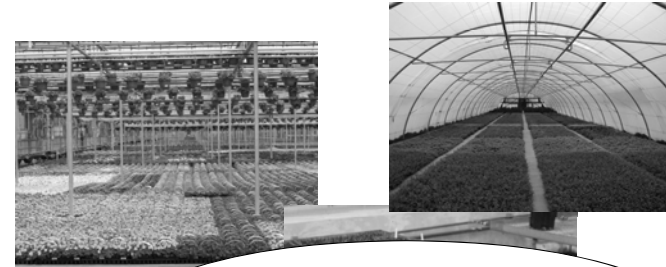
- **Reducir costos de rellenos sanitarios y gases de efecto invernadero**

Alemania prohíbe en rellenos sanitarios productos con materia orgánica > 5% (UE 10-20%, en discusión)

*El metano absorbe 20 veces más calor que el CO₂
En Europa 30% del metano proviene de rellenos sanitarios*



- **Reducir el uso de turba y tierra negra en almácigos y macetas (compost)**



La turba es un recurso casi no renovable.
Protección de humedales a nivel mundial.

La tierra negra es muchas veces
la capa orgánica de suelos fértiles

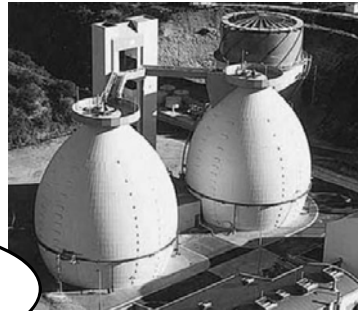


- **Producción de *biofiltros* de compost para aguas de tormentas y olores; *mulch* para control de malezas y evaporación; sustrato de *techos verdes* y *panes de césped*, etc.**



• **Producción de biogás por digestión anaeróbica**

La producción de biogás a partir de lodos es poco eficiente (material parcialmente digerido)



Codigestión o Cofermentación
(energy crops, ROU)

AL USAR BIOSÓLIDOS (Y OTROS RESIDUOS ORGÁNICOS) TRANSFORMAMOS UN RESIDUO EN UN RECURSO

Agricultura y restauración
Sustentabilidad del recurso suelo

AMBIENTAL
(biofiltros, menos rellenos)

BIODIGESTORES

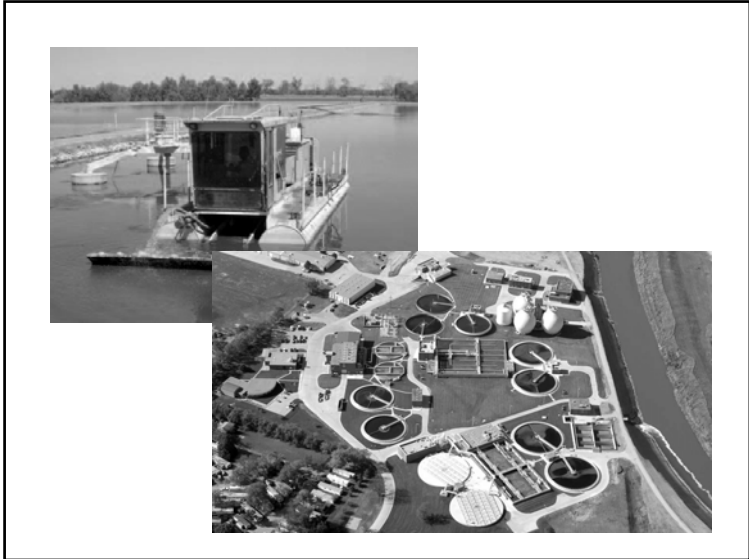
La digestión anaeróbica y el compostaje son los métodos más recomendados y establecidos por ley en la Unión Europea

COMBUSTIBLES
biogás

Tipos de lodos y tratamientos previos al uso o disposición

Tipos de lodos (barros o fangos)

- **Lodos primarios:** mínima degradación
- **Lodos secundarios:** de lechos percoladores y biofiltros; lodos activados (convencional o aireación extendida); lodos de laguna (los más degradados y estabilizados de los secundarios)
- **Lodos terciarios:** menos N y P por desnitrificación, precipitación de P, filtración, ósmosis inversa, etc.



Lodo producido por habitante

50 g m.s./hab/día ~ 18 kg m.s./hab/año

	kg m.s./hab/año
España, USA, Francia, Suecia:	15-23
Lagunas	6-9
Sedimentación 1 ^{ra}	18-20
Lodos activ. convencional	22-26
Lodos activ. aireac. extendida	16-24

El costo del tratamiento de lodos representa en promedio ~ 40% del costo total de tratamiento del líquido cloacal (y muchas veces es > 50%)

Tratamientos previos a uso o disposición

Espesamiento y deshidratación

Para reducción de volumen (costos de operación y transporte; eficiencia tratamientos posteriores)

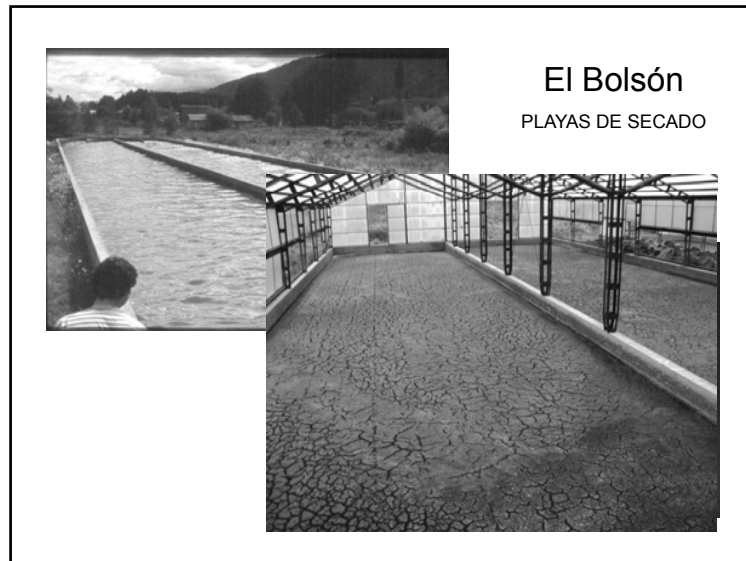
Estabilización (e higienización)

La mayor parte de los usos y disposición final requieren algún grado de estabilización, para reducción de olores, patógenos y sólidos volátiles.

Espesamiento y deshidratación

Reducción de volumen

- Espesamiento con productos químicos que facilitan floculación (cal, cloruro de Fe, sulfato de Al, polímeros)
- Secado al aire: evaporación y drenaje en playas de secado sobre cama de arena (45-90% ST; plantas chicas)
- Sistemas mecánicos: filtros de vacío (12-22% ST), filtros prensa de banda (20-32% ST), centrifugas (25-35% ST), prensas de membrana (35-45%)



El Bolsón

PLAYAS DE SECADO

Estabilización (e higienización)

Reducción de sólidos volátiles, olores, y patógenos para uso beneficioso o disposición

- Estabilización alcalina
- Digestión aeróbica
- Digestión anaeróbica
- Secado térmico y peletizado
- Compostaje

Se reduce el material carbonado fácilmente atacable, la actividad de los microorganismos y la mineralización del N

Por ejemplo, la Resol. 97/2001 empieza exigiendo reducción de SV > 40% y deflexión de O₂ disuelto < 10% en promedio (respecto a agua dest.)

Estabilización alcalina

$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$$

Muy usado para uso en agricultura como Clase B

Libera calor y sube el pH

- pH > 12 durante 2 horas (USEPA-503 para PSRP-Clase B)
- Cal viva, cal hidratada, cemento Portland o tecnologías registradas (ej. N-Viro para PFRP-Clase A)
- Dosificación: 20-30% Ca (OH)₂
- **Desventajas:** emisión de olores (NH₃); no puede usarse en suelos neutros a alcalinos
- **Ventajas:** bajo capital inicial; operación sencilla; lodos más espesos o secos; enmienda suelos ácidos

Digestión anaeróbica

- En tanques cerrados, bacterias facultativas que producen ácidos (acético y propiónico) seguido de bacterias anaeróbicas a metano (CH₄).
- No conviene después de lodos activados (digeridos)

BIOGÁS

Ideales para lodos a gran escala: “huevos” de concreto o metal, caros, se justifican en plantas grandes (Ej. Madrid)

El **líquido** remanente es malo para volver a la planta (olores, alta DBO). El **digerido (lodo muy húmedo)** suele usarse como enmienda (por lo general, compostado previamente)

Digestión aeróbica

Muy usado en agricultura como Clase B

- En tanques abiertos o cerrados con aireación: reducción de SV a CO₂, agua y nutrientes por bacterias aeróbicas
- **Ventajas respecto a digestión anaeróbica:** bajo capital inicial; operación sencilla; menos olor; no explosivo; mayor reducción de grasas e hidrocarburos; > valor fertilizante; efectivo para plantas chicas
- **Desventajas:** mayor costo energético (aireación, no produce energía propia); poco eficiente a < 15°C; menor remoción SV; no es económico para plantas grandes

Digestión aeróbica termofílica (aireación, > 55°C, 10 días) aumenta eficiencia (Clase A)

Secado térmico (y peletización)

- Generalmente lodos activados + deshidratación + altas temperaturas (cámaras o tambores rotativos; lechos fluidizados).
- **Ventajas:** Producto seco (92-95% ST), mejora manejo, reduce costos transporte, sin restricciones de uso en agricultura (Clase A)
- **Desventajas:** costo energético; lodos 2ríos olor objetable; mojados pueden atraer vectores o rebrotes de patógenos.

Ideales para ciudades grandes alejadas de tierras agrícolas (NY, Boston) o escasa tierra agrícola (Unión Europea)

Milorganite® (Milwaukee, EEUU desde 1920). Temperaturas de 85°C

(www.milorganite.com)



En Kult® Solar Dryer (Alemania) usan energía solar

(www.huber.de)

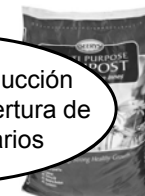


Compostaje

En agricultura y sustratos como Clase A

Proceso biológico que requiere material estructurante para asegurar aerobiosis y genera un producto que se puede usar en agricultura como enmienda o abono.

También para reducción de volumen y cobertura de rellenos sanitarios



Tratamientos de estabilización en 4880 plantas en EEUU al año 2004

ESTABILIZACION	%
Digestión aeróbica	45
Digestión anaeróbica	21
Tratamiento alcalino	18
Estibado a largo plazo	10
Compostaje	4
Secado térmico	1
Otros	1

← También genera un residuo que se tiende a compostar

A National Biosolids Regulation, Quality, End Use & Disposal Survey- 2007
www.nebiosolids.org

...una vez deshidratado/espesado y estabilizado:

- Disposición superficial
- Relleno sanitario
- Incineración

Disposición

Disposición superficial (surface disposal, landfarming o tratamiento en suelo)

- Tratamiento biológico en el suelo a dosis muy altas: diferencia principal con uso agronómico (si bien en recuperación suelos degradados o restauración paisajes se usan dosis altas)
- Normas internacionales exigen manejo que asegure degradación de materia orgánica e inmovilización de compuestos o elementos, contención de escorrentía y monitoreos continuos de acuíferos (según la EPA es más caro que cumplir con normas de uso agronómico)

En Argentina parece demasiado fácil

Por ejemplo, la Resol. 97/2001 exige para landfarming:

- Lo de estabilización; reducción de SV > 40% y deflexión de O₂ disuelto < 10% en promedio
- Análisis de elementos pesados (Cd, Co, CrT, Cr-6, Hg, Ni, Ag, Pb y Va) según niveles guía de calidad de suelos para uso agrícola.

Para la USEPA si se superan los requerimientos de N del cultivo es landfarming

Llama la atención, por ejemplo, que con tanto terreno frágil cercano a la ciudad de BsAs (napa freática elevada permanente o temporaria), se utilice tanto landfarming

Santa Fe, NM, EEUU
 Aprox. 70.000 hab.
 40 ha-Tanques almacenamiento
 invierno: 8000 m³ total



Zonas áridas y semiáridas

Disposición

Relleno sanitario

- Junto con los RSU o en monorellenos.
- Las normas regulan la construcción de celdas especiales y análisis de lixiviados.
- En el caso de EPA, la norma 503 regula monorellenos y la 258 regula disposición en rellenos de RSU.
- En nuestro caso: Ley de Residuos Peligrosos (Ley Nac. 24.051), Resol. Secr. Medio Ambiente (97/2001)

En varios países está prohibido (Alemania, Francia) o se aplican tasas muy altas para desalentar (Canadá, Austria)

La Resol. 97/2001 excluye los residuos peligrosos según:
 compuestos peligrosos (pesticidas organo-clorados, PCBs, etc.); punto de inflamación < 60°C; características de origen (barros de tratamiento de explosivos, de biocidas, oleosos de industria petroquímica, etc.) y características de peligrosidad (sustancias de combustión espontánea, tóxicas, corrosivas, inflamables, etc.)

Para los lodos que regula, la Resol. 97/2001 exige para relleno:

- Lo de estabilización: reducción de SV > 40% y deflexión de O₂ disuelto < 10% en promedio
- Valores límites en el lodo (sulfuros, cianuros, lípidos libres, pH y sólidos totales)
- Valores límites en el lixiviado (elementos pesados, contaminantes orgánicos incluyendo PCBs, pesticidas, PAHs, etc.)

Disposición

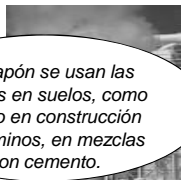
Incineración

En algunos países se incineran compost (Francia)

- Máxima reducción de masa y volumen (cenizas, 20% volumen inicial)
- Sin límites climáticos o estacionales
- Alto costo de capital y mantenimiento
- Mayor eficiencia con lodos 1rios (> SV y < agua que 2rios)
- Muchas plantas cubren gran parte de sus requerimientos de energía
- Riguroso control de emisiones

Decreciente número de instalaciones por costos y rechazo social. Muy aplicado en países densamente poblados (Japón 70%, Holanda 58%).

En Japón se usan las cenizas en suelos, como relleno en construcción de caminos, en mezclas con cemento.





¿Se puede aplicar cualquier lodo cloacal o hay limitaciones de uso?

Los lodos cloacales que se pueden usar en agricultura (cumplen con determinados requerimientos de estabilización y contenido de contaminantes) se llaman "biosólidos"

Limitaciones en base a biosólidos (extendidas a otros residuos orgánicos)

- ✓ Metales pesados
- ✓ Patógenos
- ✓ Atracción de vectores
- ✓ Orgánicos traza
- ✓ Exceso y/o desbalance de nutrientes

➤ **Elementos traza (metales pesados, elementos potencialmente tóxicos o PTEs)**

Se regula:

Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, Hg, Se, Mo y As

concentración máxima en lodos y carga anual y máxima por hectárea

En la UE los valores son más exigentes y tienen en cuenta el pH del suelo

En la UE se está exigiendo metales pesados en todo tipo de abono orgánico cualquiera sea su origen

Límites de metales pesados en biosólidos

METALES PESADOS	USEPA (1995)				UNION EUROPEA (1986)		
	Conc. Máx. (mg kg ⁻¹)	Carga Máx. (kg ha ⁻¹)	EQ-Alta Calidad (mg kg ⁻¹)	Carga Máx. (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Conc. Máx. biosólidos (mg kg ⁻¹)	Conc. Máx. suelos (mg kg ⁻¹)	Carga Máx. (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)
As	75	41	41	2,0	--	--	--
Cd	85	39	39	1,9	20-40	1-3	0,15
Cu	4300	1500	1500	75	1000-1750	50-140	12
Pb	840	300	300	15	750-1200	50-300	15
Hg	57	17	17	0,85	16-25	1-1,5	0,1
Mo	75	18	18	0,90	--	--	--
Ni	420	420	420	21	300-400	30-75	3
Se	100	100	100	5,0	--	--	--
Zn	7500	2800	2800	140	2500-4000	150-300	30

Cr eliminado en USA y regulado por los países de la UE (~ 1000 mg/kg)

Metales pesados en abonos y enmiendas (cualquier origen)

Ley española (2005) basada en UE subproductos animales (2002) y abonos (2003)

Metal pesado	Clase A	Clase B	Clase C
Cadmio	0,7	2,0	3,0
Cobre	70	300	400
Niquel	25	90	100
Plomo	45	150	200
Zinc	200	500	1000
Mercurio	0,4	1,5	2,5
Cromo total	70	250	300
Cromo VI	0	0	0

Clase C ≤ 5 t/ha/año

Parecida a clase B de la norma española

	Norma francesa*	Norma alemana**	Entre clase A y B de la norma española
		Categoría I	Categoría II
Cd	3	1,5	1
Cu	300	100	70
Ni	60	50	45
Pb	180	150	100
Zn	600	400	300
Hg	2	1	0,7
Cr	120	100	70
As	18	-	-
Se	12	-	-

* AFNOR, 2005

** BioAbfV, 1998

➤ Patógenos

Se regula reducción de patógenos:

Límites para indicadores de patógenos

- coliformes fecales
- *Escherichia coli*
- *Salmonella*
- huevos viables de *Ascaris*

... y determinadas condiciones de tratamiento (EEUU, Alemania). Los países que exigen tratamiento, exigen menos indicadores de patógenos

En la UE se exige reducción de patógenos en todo abono de origen animal

REDUCCIÓN DE PATÓGENOS Y PROCESOS RECOMENDADOS

Biosólidos (USEPA, 1993)		
	Clase A	Clase B
Coliformes fecales	< 1000 NMP/g m.s. ó	< 2.000.000 NMP/g m.s. o < 2.000.000 UFC/g m.s.
Salmonella sp	< 3 NMP/ 4g m.s.	--
Determinación indicadores	Al momento de venta o entrega	Se puede almacenar después de determinar
Requerimiento o tecnológico	y PROCESOS PFRP (que reducen fuertemente patógenos)	ó PROCESOS PSRP (que reducen significativamente patógenos)
Restricciones	Ninguna Pueden venderse embolsados o aplicarse a césped y jardines	Por tipo de cultivo, manejo, exposición pública, etc. No en césped, jardines o embolsados

Procesos PFRP son 5: digest. aeróbica y anaeróbica, secado al aire, compostaje y estabilización con cal

↓
Más exigencias de temperaturas, tiempos, etc.

Procesos PFRP son 7: compostaje, secado por calor, tratamiento térmico, digestión aeróbica termofílica, rayos β o γ, pasteurización

Por ejemplo, si el proceso es compostaje, la USEPA exige para Clase A:

En hileras con volteos: temperaturas $\geq 55^\circ \text{C}$ durante 15 días con al menos 5 volteos

En pilas estáticas: temperaturas $\geq 55^\circ \text{C}$ durante 3 días consecutivos

y < 1.000 NMP coliformes fecales/g m.s.

Sin certificación de tratamiento, la USEPA exige para Clase A:

< 1000 NMP coliformes fecales/g

< 3 NMP Salmonella/ 4 g y

< 1UFP enterovirus /4 g y

< 1 huevo viable Ascaris/4 g

La Res.97/2001 exige mucho más que la EPA aun cuando se cumpla con el tratamiento

¡OJO! Con "digestión biológica en suelos por oxidación enzimática" en PSRP (Res.97/2001)

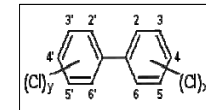
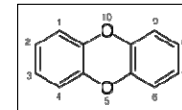
A mayor exigencia de tratamiento, menos restricciones de aplicación y monitoreos posteriores

➤ Orgánicos traza (contaminantes orgánicos persistentes o POPs)

Se regula o recomienda:

Varias dioxinas y furanos clorados y bifenilos policlorados (PCB)

concentración máxima



La EPA (1999) recomienda (pero no regula)

Alemania fue el 1er país en regular varios compuestos, actualmente también Francia y otros.

➤ **Atracción de vectores**

Se regula o recomienda reducción de olores

Procesos de estabilización (reducción de material fácilmente atacable por los microorganismos) o formas de manejo que eviten contacto con vectores

Por ej, entre las 12 opciones de la USEPA:

- Reducción de sólidos volátiles de 38%
- Compostaje a > 40°C durante 14 días
- pH > 12 durante 2 horas y 11,5 durante 22 hs
- Inyectar en el suelo o incorporar dentro de las primeras 6 hs

La EPA exige que se garantice por separado reducción de patógenos y atracción de vectores; algunos métodos garantizan ambos requerimientos

➤ **Desbalance de nutrientes**

Se regula aplicar biosólidos (y residuos en general) en base al **nitrógeno**

Dosis agronómica según la EPA

El riesgo es aumentar el fósforo a niveles de contaminación

Relación N/P en residuos (~ 3:1) versus absorción de cultivos (~ 6:1)

En varios países se recomienda controlar el P del suelo antes de aplicar abonos de origen animal.

¿Por qué se reguló originalmente en base a N?

N orgánico ⇒ amonio y nitratos ⇒
 NH_4^+ NO_3^-



- Los nitratos se pierden fácilmente por lixiviación, contaminan acuíferos (metahemoglobinemia: pasan a nitritos en infantes y rumiantes, limitan transporte de O₂, *blue baby syndrome*)

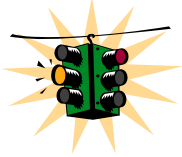
El amonio se volatiliza como amoníaco, vuelve como "lluvia ácida".
Los nitratos se desnitrifican a formas gaseosas, algunas de "efecto invernadero" o que afectan la capa de ozono

¿Qué pasa con el fósforo?

A diferencia del nitrógeno, no se pierde fácilmente
...porque todos los suelos tienden a retenerlo o "fijarlo"
(algunos mucho como los volcánicos y los suelos viejos), no está disponible, no se mueve

Por eso, la recomendación ha sido aplicar de acuerdo a la cantidad de N mineralizable

CUIDADO: Cuando hay exceso de P, se pierde por escorrentía y lixiviación y produce "bloom" de algas



Tanto el fósforo como el nitrógeno son elementos esenciales y muchas veces limitantes para las plantas, pero también son contaminantes de la atmósfera y el agua (eutroficantes).

En muchos estados de EEUU y en varios países europeos actualmente se recomienda tener en cuenta el N y el P:

- Si el nivel de P disponible en el suelo es < a un cierto valor (Ej. 50 mg/kg P-Olsen o P extractable en bicarbonato de sodio) se continua calculando por N, si es mayor (50-100) se calcula por P y si es muy alto (> 100) no se aplica nada. *Es una recomendación, no es una norma.*
- La dosis de N se calcula teniendo en cuenta la capacidad de mineralización del residuo + la concentración de N inorgánico del residuo menos la volatilización potencial de amonio respecto a las necesidades del cultivo

¿Qué tengo en cuenta para el uso de biosólidos en agricultura?

Metales pesados: concentraciones admitidas

Orgánicos traza: controlar por historia del lugar

Patógenos: Indicadores (y tratamientos)

Atracción de vectores: procesos de estabilización o aplicación

Exceso de nutrientes: calcular por contenido de P en suelos y por necesidad de N de los cultivos

SI ES CLASE B tener en cuenta restricciones sanitarias. También hay restricciones de sitio.

Una vez calculado por P y N, **recalcular** carga máxima anual de metales pesados (y máxima admitida)

Algunas restricciones a la aplicación de biosólidos poco estabilizados o Clase B (USEPA)

- Inyección o incorporación inmediata
- Restricciones a la entrada de público, de pastoreo, de cosecha y de tipo de cultivo.
Por ej. parte cultivable bajo tierra esperar 20 meses, frutos que tocan la tierra, esperar 14 meses, animales 30 días, público 1 año, etc

Restricciones de sitio para todo tipo de lodos: pendiente (> 6%), distancia a ribera de ríos (< 9 m), napa temporaria (a menos 60 cm), lluvias intensas o suelo congelado, permeabilidad (> 5-15 cm/h), salinidad (> 8 dS/m)

~ Resol. SAyDS 97/2001